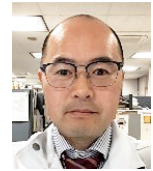


巨大地震を想定した免震フェイルセーフ制動装置の動的加力試験

Dynamic loading test of seismic isolation fail-safe braking device for massive earthquakes



仲村 崇仁 Takahito NAKAMURA *1・加藤 貴司 Takashi KATO *1・清井 宗孝 Munetaka KIYOI *1・金子 修平 Shuhei KANEKO *2
中村 美咲 Misaki NAKAMURA *2・那 超 Cho KEI *3・菊地 優 Masaru KIKUCHI *4・石井 建 Ken ISHII *4

研究の目的

設計想定を超える巨大地震を受ける免震建物では上部構造の擁壁衝突や免震部材の損傷が懸念されている。免震部材の減衰を増す対応が考えられるが、この対応には設計想定内の地震動に対し上部構造の加速度増加を招き免震性能が低下するという問題がある。このような問題に対応するため、巨大地震時のみに作用し上部構造の過大变位を制動するフェイルセーフ（以下、FS）制動装置を開発した。これまでに、地震応答解析による効果確認、静的な加力試験によるFS制動装置の復元力特性確認、および材料試験による速度依存性を考慮した設計特性式の設定を行っている。しかし、本装置は巨大地震時に確実な作動が求められるため、実速度域での動的加力試験の実施が開発課題であった。そこで、2023年3月に竣工した実大免震試験機（E-Isolation）を使用して、FS制動装置の実大、実速度域における動的加力試験を行った。

研究の概要

FS制動装置（図－1）の復元力特性は、レベル2以下の地震では免震応答に影響しない無感区間と、巨大地震により過大となった応答変位を制動する制動区間を有する。装置の制動材には低降伏点鋼（公称降伏応力度225MPa）を用いている。試験に用いたFS制動装置は、無感区間長さ500mm、制動区間長さ150mm（設計制動変位100mm）である。

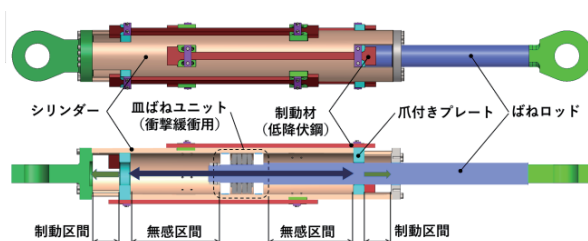
試験項目は、①速度依存性試験、②実速度動作確認試験、③地震応答波加力試験の3つである。①の加力波形は、復元力特性の速度依存性を確認することを目的としたもので、最大振幅630mm、最大速度1, 10, 40cm/sの三角波とした。②の加力波形は、装置の使用最大速度域における動作確認を目的としたもので、FS制動装置の設計ストローク±600mm内で試験装置最大速度80cm/sで加力するために、試験体縮み側に－320mmのオフセット変形を与え、そこから余弦波で最大速度の80cm/sまで加速し、伸び側＋280mmに達した後、正弦波で減速し設計変位の＋600mmに到達する特設波とした。③の加力波形は、地震応答解析による復元力特性との対応を確認することを目的としたもので、免震クリアランス600mmを有する15階建てRC造基礎免震建物に、南海トラフ地震時に名古屋圏で想定される長周期地震動CH2波の1.5倍レベルが入力した際の、FS制動装置付き免震層の変位応答波（最大速度を80cm/sに調整）とした。

本試験を通じてFS制動装置は実際に装置が稼働する実速度域で確実に動作することを確認するとともに、試験による復元力特性を過去に実施した装置の静的加力試験と制動材単体の材料試験による特性およびそれらに基づいて構築した設計特性式との照合によって分析した結果、以下の知見を得た。

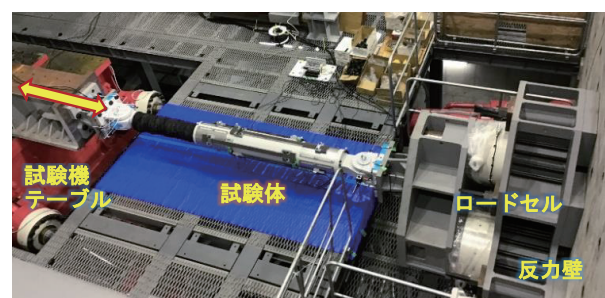
- ・FS制動装置の復元力特性は40cm/s以上の速度域において、2次剛性が負勾配となった。
- ・設計変位の100mmにおけるFS制動装置の水平荷重は設計特性値と対応する。
- ・FS制動装置の1次剛性は設計特性値と良く対応する。

結 論

実大免震試験機E-Isolationを使用することで、FS制動装置の動的加力試験の実施が可能となった。本試験を通じてFS制動装置は実際に装置が稼働する実速度域で確実に動作することが確認できた。また、試験によりFS制動装置の復元力特性に関する知見を得た。



図－1 フェイルセーフ制動装置



写真－1 E-Isolation での試験状況